

Tomasz **MAKOWSKI**  
Szymon **PAWŁOWSKI**  
Błażej **BARAŃSKI**

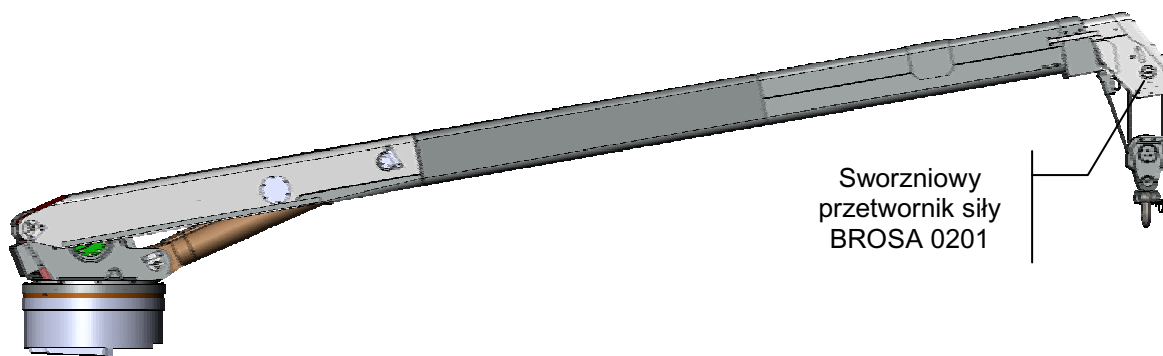
## ZASTOSOWANIE SWORZNIOWEGO PRZETWORNIKA SIŁY DO POMIARU CIĘŻARU NA ŻURAWIU Z10

**Streszczenie.** W publikacji opisano sworzniowy przetwornik do pomiaru siły, zamontowany na żurawiu o symbolu Z10 pojazdu układającego MS-40. Przedstawiono budowę, najważniejsze parametry oraz zasadę działania przetwornika sworzniowego BROSA 0201. W głównej mierze skupiono się na zaprezentowaniu uzyskanych wyników pomiarowych.

**Słowa kluczowe:** sworzniowy przetwornik siły, BROSA 0201, żuraw Z10, most wsparcia MS-40, DAGLEZJA-S.

### 1. WSTĘP

Most wsparcia MS-40 o kryptonimie „DAGLEZJA-S“ przeznaczony jest do przewożenia i układania przęseł mostu na przeszkodzie wodnej lub terenowej o szerokości do 40 metrów, umożliwiając przepławę wodną pojazdom klasy MLC70/110 wg normy STANAG 2021 [3][4]. W zastosowanym na pojeździe układającym MS-40 żurawiu Z10, pomiar ciężaru zawieszono na zbloczu dokonuje się za pośrednictwem tensometrycznego przetwornika sworzniowego [1][2]. Stosowanie tego typu precyzyjnych przetworników w konstrukcjach samochodowych żurawi jest niespotykane, ponieważ większość układów pomiarowych w konstrukcjach dźwigowych dokonuje pomiaru siły oddziaływującej na linę. Zastosowanie precyzyjnego przetwornika siły umożliwi poznanie rzeczywistych wartości sił pochodzących od ciężaru zawieszono na zbloczu oraz wyznaczenie i uwzględnienie oddziaływań składowych sił dynamicznych. Omawiany przetwornik pomiarowy siły został zamontowany jako sworzeń w wielokrążku na końcu wysięgnika przy zbloczu żurawia (rys. 1).



**Rys. 1. Miejsce montażu przetwornika na żurawiu Z10**

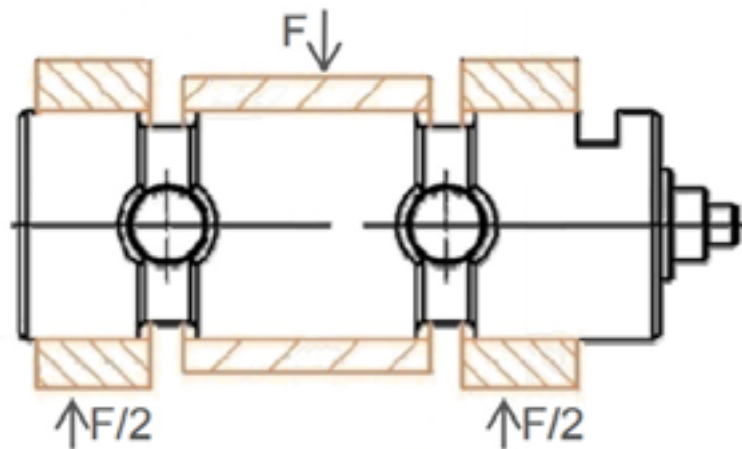
## 2. PRZETWORNIK SIŁY BROSA 0201

Zastosowany sworzniowy przetwornik siły BROSA 0201 (rys. 2) umożliwia precyzyjny pomiar siły. Zasada działania przetwornika została zilustrowana na rysunku 3.

Przetwornik BROSA 0201 jest wykonany z wysoko wytrzymałej stali nierdzewnej, z możliwością określenia wymiarów zewnętrznych. Cechuje się wysoką dokładnością pomiaru zachowaną przez długi okres użytkowania. Przetwornik jest odporny na przeciążenia, posiada wbudowany wzmacniacz z kompensacją wpływu temperatury. Jest również odporny na oddziaływania pola elektromagnetycznego (EMC) [5] [7].



Rys. 2. Przetwornik siły BROSA 0201 [5]



Rys. 3. Zasada działania sworzniowego przetwornika siły BROSA 0201 [6]

Wybrane najważniejsze parametry przetwornika BROSA 0201 przedstawiono w tabelicy 1. Najkorzystniejszą opcją, jaką umożliwia przetwornik sworzniowy BROSA 0201, jest podanie przez konstruktora, dla danej aplikacji, wymaganych zewnętrznych wymiarów oraz zaproponowanie innych (niż przedstawionych w tabelicy 1) parametrów technicznych przetwornika. Dzięki temu przetwornik siły jest wytworzony pod konkretne urządzenie, a nie odwrotnie – wymagane dopasowywanie całego układu pomiarowego do przetwornika jak w innych przypadkach.

Tablica 1. Wybrane parametry techniczne sworzniowego przetwornika siły BROSА 0201 [5]

Parametr:	Wartość:
Zakres pomiarowy	10 kN ÷ 5000 kN (w zależności od potrzeb)
Dokładność pomiarowa	≤ 0.5% pełnej skali (FS, ang. Full Scale)
Maksymalne przeciążenie	> 150 %, opcjonalne: 300 %
Histeresa	≤ 0.5% pełnej skali (FS, ang. Full Scale)
Temperatura pracy	od -40°C do +80°C
Temperaturowy współczynnik	≤ 0.0035%/K
Sygnał wyjściowy	4-20 mA, opcjonalne np.: CANopen, PROFINET,
Stopień ochrony	IP67, opcjonalnie IP69K
Zabezpieczenia elektryczne	Ochrona przed odwrotną polaryzacją, zabezpieczenie przeciwprzepięciowe i przeciwzwarciove

### 3. WYNIKI POMIAROWE

Badania zostały przeprowadzone na fizycznym obiekcie, pojeździe układającym MS-40 z żurawiem Z10, na którym został zamontowany sworzniowy przetwornik siły. Przedstawiony przetwornik posiada zakres pomiarowy do 500kN z sumaryczną dokładnością pomiarową 1%. Urządzenie pomiarowe zostało wykonane na zamówienie z uwzględnieniem wymaganych zewnętrznych wymiarów sworznia.

Mając do dyspozycji różne ciężary o znanej masie oraz dodatkowy certyfikowany przyrząd do pomiaru siły, możliwe było przeprowadzenie serii różnych badań eksperymentalnych żurawia Z10 z zamontowanym przetwornikiem. Wyniki pomiarowe nadawane jako ramka danych odczytano bezpośrednio z badanego przetwornika za pośrednictwem konwertera sygnału, a następnie (za pośrednictwem oprogramowania Microsoft Excel) dane opracowano w formie wykresów. W artykule przedstawiono wybrane przypadki pomiarowe. Należy zaznaczyć, iż próby odbywały się w bezwietrznych warunkach.

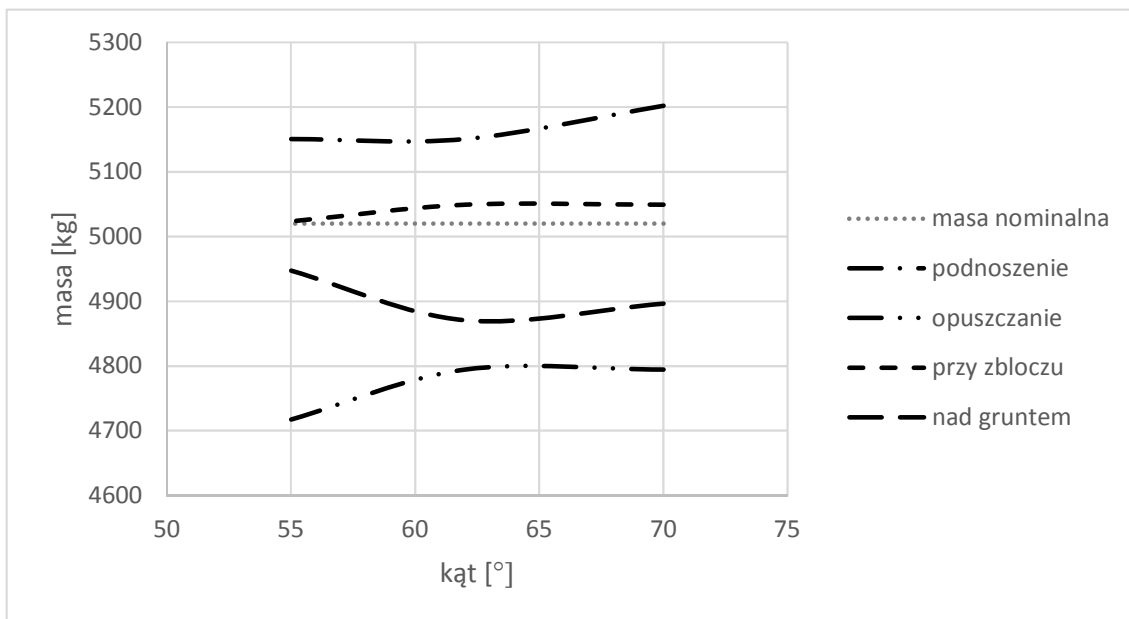
Pierwsze badanie polegało na zawieszeniu określonej masy i wykonywaniu ruchów wciągarką – zmieniając wysokość podniesienia zblocza z zawieszoną masą. Łącznie z tymi wynikami postanowiono również przedstawić wpływ kąta pochylenia żurawia na dokładność pomiarową.

Tablica 2. Wartości pomiarowe uzyskane z przetwornika siły BROSА 0201 zamontowanego na żurawiu Z10

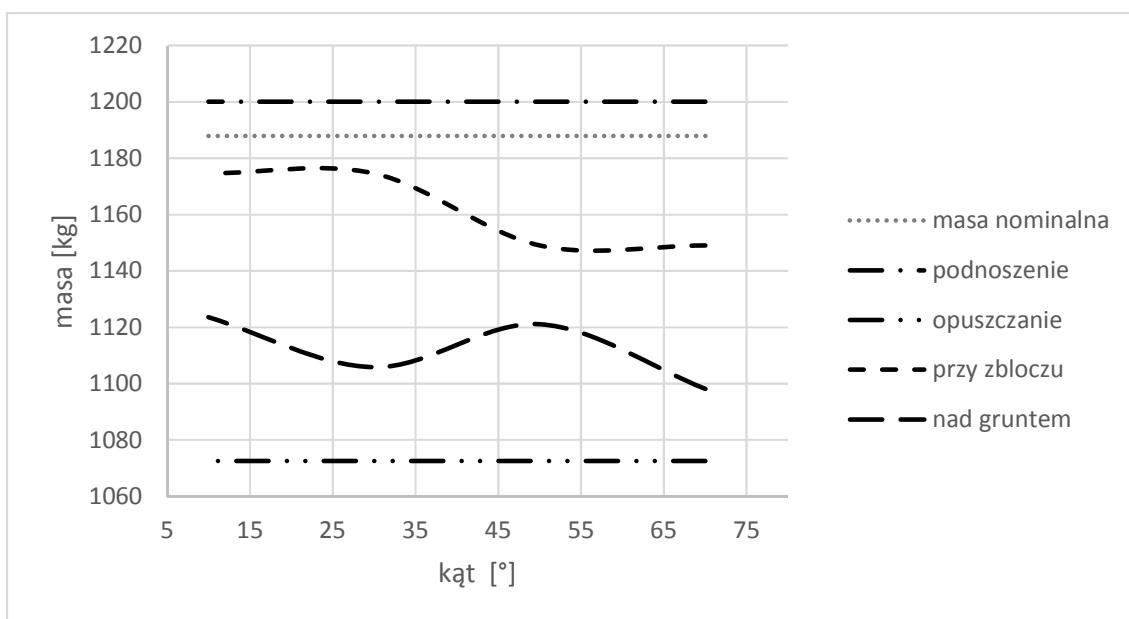
Masa [kg]	Kąt [°]	Podczas podnoszenia	Podczas opuszczania	Ustabilizowany po podniesieniu (przy zbloczu)	Ustabilizowany po opuszczeniu (~10 cm nad gruntem)
5020	70	212	195	206	200
5020	62	210	196	206	198
5020	55	210	193	205	203
1190	70	55	50	53	51
1190	50	55	50	53	52
1190	30	55	50	54	51
1190	10	55	50	54	52

Wyniki zamieszczone w tabelicy 2 są bezpośrednimi wskazaniami przetwornika (wartość dziesiętna bez jednostki miary). Tabela 2 określa, dla jakiej masy i kąta zostały odczytane wyniki pomiarowe. W następnych kolumnach zamieszczono odczytane wartości podczas przemieszczania się masy i po jej zatrzymaniu (w stanie ustalonym).

Porównanie wyników badań przedstawiono w sposób wizualny na wykresach (rys. 4 i rys. 5) po przeliczeniu danych (tabela 2) na masę ze wskazań przetwornika siły. Wykres (rys. 4) przedstawia różnice wskazań dla masy 5020 kg, natomiast wykres (rys. 5) dla masy 1190 kg.

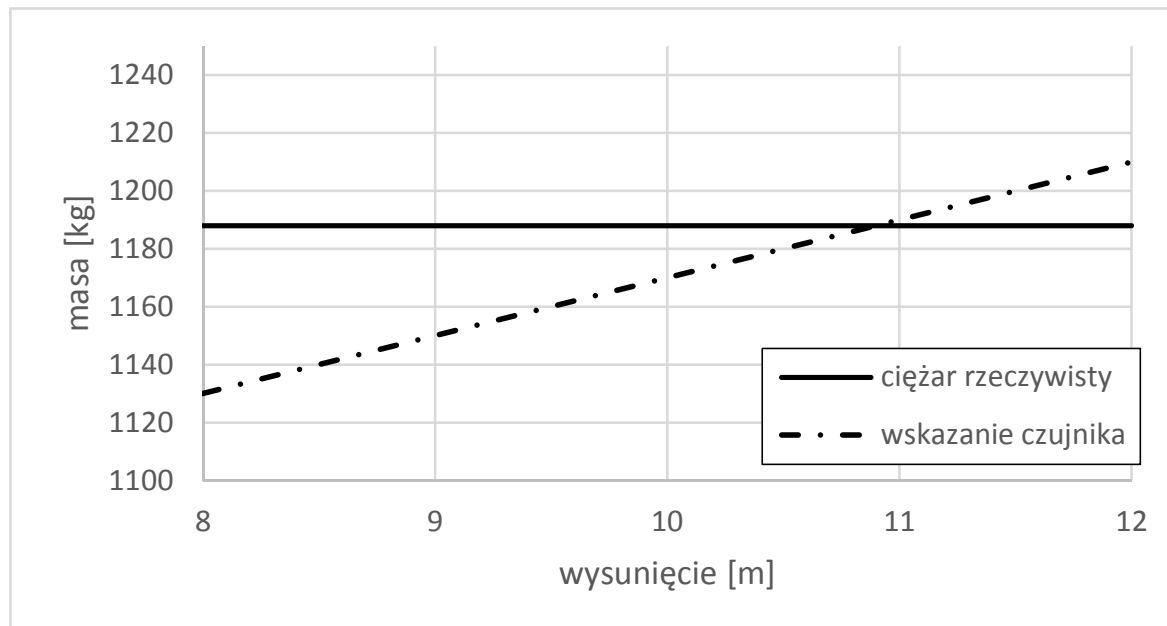


Rys. 4. Różnice wskazań dla masy 5020 kg



Rys. 5. Różnice wskazań dla masy 1190 kg

W kolejnym kroku przeprowadzono badanie sprawdzające, w jakim stopniu wysunięcie teleskopu żurawia oddziałuje na wyniki pomiarowe. Dla zwiększenia czytelności, zdecydowano się zilustrować (rys. 6) jeden wybrany przypadek dla zawieszanej masy 1190 kg oraz kąta pochylenia żurawia  $40^\circ$ .



**Rys. 6. Różnice wskazań przy różnych wysunięciach teleskopu dla masy 1190 kg**

Z przedstawionych danych wynika, że wartość wskazywana przez zamontowany na żurawiu Z10 przetwornik BROSA 0201 różni się od wartości rzeczywistych zależnie od parametrów pracy żurawia. Niestety nie było możliwości określenia wpływu sposobu montażu przetwornika sworznioowego na wyniki pomiarowe. Zapewne w przyszłości takie badania zostaną przeprowadzone.

Po przeprowadzeniu serii różnych badań, również tych nieprzedstawionych w niniejszy artykule, można stwierdzić, iż błąd pomiarowy jest powtarzalny, dzięki czemu wartość błędu mogła zostać uwzględniona jako pewna stała w programie sterownika żurawia.

#### 4. WNIOSKI

Zastosowanie tensometrycznego sworznioowego przetwornika pomiaru siły umożliwia dokładny pomiar, wykrywa nawet zakłócenia związane z oddziaływaniem niewielkich wartości wiatru i wysterowania ruchami żurawia Z10. Na podstawie zebranych wyników pomiarowych stwierdza się, iż przedstawiony przetwornik siły lepiej nadaje się do dokładnego pomiaru w pomieszczeniach zamkniętych, np. w laboratorium. Natomiast dla klasycznego układu żurawia pracującego w terenie otwartym lepszym rozwiązaniem byłby przetwornik do pomiaru sił oddziałujących w linie, ponieważ w takim układzie lina działa jak tłumik i chwilowe (impulsowe) odchylenia wskazań są znacznie mniejsze.

Przedstawione w artykule odchylenia pomiarowe wynikają z kąta opasania wielokrażka, gdyż przy identycznych parametrach pracy wyniki są powtarzalne, zmieniają się jednak wraz ze zmianą parametrów pracy żurawia.

## 5. LITERATURA

- [1] Makowski T., Pawłowski Sz., Płatek T.: Układ sterowania mostu przewoźnego wykorzystującego magistralę CAN. Szybkobieżne Pojazdy Gąsienicowe (37) nr 2/2015, str. 49-55. OBRUM Sp. z o.o. Gliwice, 2015 r.
- [2] Makowski T., Pawłowski Sz.: Układ sterowania żurawiem Z10 mostu wsparcia MS-40. Szybkobieżne Pojazdy Gąsienicowe (40) nr 2/2016, str. 31-37. OBRUM Sp. z o.o. Gliwice, 2016 r.
- [3] STANAG 2021 „Wojskowe obliczenia klasyfikacji mostów, promów, tratw i pojazdów”, wydanie 6, 7 September 2006.
- [4] Zarządzenie nr 38 Ministra Infrastruktury z dnia 26 października 2010 r. w sprawie postępowania w zakresie wyznaczania klasy MLC dla nowo budowanych i przebudowywanych obiektów mostowych na drogach publicznych (Dz.Urz.MI.2010.13.37).
- [5] Karta katalogowa. Force measuring pin type, 02.01. 2012 r.
- [6] Karta katalogowa. Datasheet for inquiry – Load pin Type, 02.01. 2013 r.
- [7] Sworzniowy przetwornik siły, <http://www.brosa.net/en/products/force-measuring-pin.html>, [Dostęp: 15 kwietnia 2016 r.].
- [8] Żuraw Z10. (Materiały własne ORBUM sp. z o.o. – nie publikowane). Gliwice, 2015 r.

## APPLICATION OF FORCE MEASURING PIN TO MEASURE WEIGHT ON THE Z10 CRANE

**Abstract.** The paper describes a force measuring pin (force transducer) mounted on a Z10 crane of an MS-40 bridge-laying vehicle. The design, main specifications and operating principle of the BROSA 0201 force measuring pin are presented. The paper focuses on measurement results obtained with the use of the force transducer.

**Keywords:** force measuring pin, BROSA 0201, Z10 crane, MS-40 support bridge, DAGLEZJA-S.